ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1944.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Quelques transformations des équations du mouvement d'un fluide compressible.* Note de M. **Joseph Pérès.**

1. Nous considérons le cas où il existe une relation donnée entre la pression p et la densité ρ, de sorte que, compte tenu de l'équation de Bernouilli $dp + \rho q\,dq = 0$, p et ρ sont des fonctions bien déterminées de la vitesse locale du fluide q. Le mouvement est supposé plan et irrotationnel.

On sait que la transformation de Legendre, appliquée à l'équation du second ordre que vérifie le potentiel des vitesses Φ, amène à une équation complètement linéaire pour $\overline{\Phi} = x\Phi'_x + y\Phi'_y - \Phi = ux + vy - \Phi$, exprimé en fonction des composantes u et v de la vitesse. On sait que l'on peut aussi, sans changer de fonction inconnue, prendre pour variables q et $\theta = \operatorname{arc\,tang} v/u$, ce qui amène au système

$$\text{(1)} \qquad H\Phi'_\theta = \Psi'_q, \qquad K\Psi'_\theta = -\Phi'_q,$$

Ψ étant la fonction de courant $d\Psi = \rho/\rho_0(u\,dy - v\,dx)$ et H et K des facteurs qui ne dépendent que de q et ont les expressions

$$\text{(2)} \qquad H = \frac{\rho}{\rho_0 q}, \qquad K = \frac{\rho_0}{\rho q}\left(1 + \frac{q\,d\rho}{\rho\,dq}\right) = \frac{\rho_0}{\rho q}\left(1 - \frac{q^2}{c^2}\right),$$

où c désigne la célérité locale du son. On tire de (1) une équation complètement linéaire pour Φ (et de même pour Ψ).

2. Si l'on associe à $\overline{\Phi}$ la fonction $\overline{\Psi} = \rho/\rho_0(uy - vx) - \Psi$, on obtient le système analogue à (1),

$$\text{(3)} \qquad \overline{H}\,\overline{\Phi}'_\theta = \overline{\Psi}'_q, \qquad \overline{K}\,\overline{\Psi}'_\theta = -\overline{\Phi}'_q,$$

avec

$$\text{(4)} \qquad \overline{H} = \frac{\rho}{\rho_0 q}\left(1 + \frac{q\,d\rho}{\rho\,dq}\right), \qquad \overline{K} = \frac{\rho_0}{\rho q}.$$

3. Analysant les relations entre les systèmes (1) et (3) on reconnaît un cas particulier d'une transformation plus générale.

Partons du système

$$(5)\qquad h\frac{\partial\varphi}{\partial\theta}=\frac{\partial\psi}{\partial q},\qquad k\frac{\partial\psi}{\partial\theta}=-\frac{\partial\varphi}{\partial q},$$

h et k étant fonctions quelconques de q. Supposons connue une solution de l'équation de Riccati

$$(6)\qquad \frac{d\mu}{dq}=h-k\mu^2$$

et déterminons α et β par les relations $h=\alpha\mu$, $k=\beta/\mu$. La transformation

$$(7)\qquad \varphi_1=\frac{1}{\beta}\varphi'_q-\varphi=-\frac{1}{\mu}\psi'_\theta-\varphi,\qquad \psi_1=\frac{1}{\alpha}\psi'_q-\psi=\mu\varphi'_\theta-\psi$$

fait passer à un système du type (5)

$$(8)\qquad h_1\frac{\partial\varphi_1}{\partial\theta}=\frac{\partial\psi_1}{\partial q},\qquad k_1\frac{\partial\psi_1}{\partial\theta}=-\frac{\partial\varphi_1}{\partial q},$$

avec

$$(9)\qquad h_1=\beta\mu=k\mu^2,\qquad k_1=\frac{\alpha}{\mu}=\frac{h}{\mu^2}$$

(il y a donc permutation de α et β).

Appliquons à nouveau la transformation au système (8), l'équation (6) est remplacée par

$$(10)\qquad \frac{d\mu_1}{dq}=h_1-k_1\mu^2=k\mu^2-h\frac{\mu_1^2}{\mu^2},$$

qui admet la solution particulière $\mu_1=-\mu$. Pour cette valeur de μ on retombe sur le système (5), mais avec un couple de solution $\varphi^\star\psi^\star$ différent du couple $\varphi\psi$ dont on est parti. En posant, d'après les (7),

$$(7')\qquad \varphi^\star=\frac{1}{\mu}\frac{\partial\psi_1}{\partial\theta}-\varphi_1,\qquad \psi^\star=-\mu\frac{\partial\varphi_1}{\partial\theta}-\psi_1,$$

on vérifie que $\varphi^\star=\varphi+\varphi''_{\theta^2}$, $\psi^\star=\psi+\psi''_{\theta^2}$.

Si l'on utilise une solution μ_1 de (10) différente de $-\mu$, on aura un système analogue à (5), mais avec les facteurs $h_2=h(\mu_1/\mu)^2$, $k_2=k(\mu/\mu_1)^2$ et l'on pourra appliquer à nouveau la transformation etc.

Les solutions générales des équations de Riccati (6), (10) etc. s'obtiennent par quadratures dès que l'on connaît une solution de la première. Utilisant leurs solutions générales dans les transformations précédentes, on aura une suite d'équations du type (3), avec les facteurs respectifs hk, h_1k_1, h_2k_2, ..., dépendant de 0, 1, 2, ... constantes arbitraires et telles que l'on passe par des formules du type (7) des solutions de la première à celles de la seconde, puis de la troisième etc.

4. Appliquons la transformation aux systèmes (1) et (3) de la théorie des fluides compressibles.

Partons d'abord de (3), l'équation de Riccati correspondante a la solu-

tion ρ/ρ_0 pour laquelle on passe au système (1), les fonctions φ_1 et ψ_1 s'identifiant à Φ et Ψ : on vérifie en effet aisément les relations, du type (7),

$$(11) \qquad \Phi = q\frac{\partial\overline{\Phi}}{\partial q} - \overline{\Phi}, \qquad \Psi = \frac{q\rho}{\frac{d(q\rho)}{dq}}\frac{\partial\overline{\Psi}}{\partial q} - \overline{\Psi}.$$

Partons au contraire du système (1), l'équation de Riccati correspondante à la solution $-\rho/\rho_0$ mais, conformément aux remarques du n° 3, cette solution ne donne pas directement le lien entre les couples notés au début $\Phi\Psi$ et $\overline{\Phi}\,\overline{\Psi}$.

5. On sait que, lorsque H/K est constant et positif, on peut faire correspondre, par simple changement de variable sur q, au mouvement du fluide *compressible* un mouvement de fluide *incompressible*. On peut, sans restreindre la généralité, écrire $H = K$. Cette condition détermine, pour la relation entre q et ρ, des expressions

$$(12) \qquad q^2 = B\left(\frac{\rho_0^2}{\rho^2} - 1\right), \qquad (12') \qquad p = A - B\frac{\rho_0^2}{\rho},$$

qui ne sont valables, dans tout le champ de valeurs de ρ, pour aucun fluide réel, mais qui peuvent être approximativement satisfaisantes, après un choix convenable des constantes qui y apparaissent, dans des domaines limités de variations de q. C'est le principe de l'analyse de Molenbroek-Tchapliguine, pour l'étude des mouvements lents des fluides compressibles. Une extension (application aux mouvements subsoniques où la vitesse ne s'écarte pas trop d'une valeur donnée q_1) apparaît dans des travaux récents de Karman (*J. of aer. Sc.*, 8, 1941).

6. Voici quelques remarques à ce sujet. Tout d'abord on peut prendre comme point de départ le système (3) au lieu de (1). Écrivant $\overline{H} = \overline{K}$, on obtient, au lieu de (12) et (12'),

$$(13) \qquad q^2 = \frac{B}{\rho^2 - \rho_0^2}, \qquad (13') \qquad p = A + B\left\{\frac{\rho}{2(\rho_0^2 - \rho^2)} - \frac{1}{4\rho_0}\log\frac{\rho + \rho_0}{\rho - \rho_0}\right\},$$

que l'on utilisera, exactement comme les précédentes (12) et (12'), pour des solutions approchées.

Notons d'autre part qu'il est aisé d'établir, pour le cas supersonique, des solutions approximatives analogues, lesquelles seront introduites par les conditions $H = -K$ ou $\overline{H} = -\overline{K}$.

Soit, pour fixer les idées, $\overline{H} = -\overline{K}$; (13) est alors remplacée par

$$(14) \qquad q^2 = \frac{B}{\rho^2 + \rho_0^2}.$$

Écrivons que le graphique $q(\rho)$ défini par la relation (13) ou par la relation (14) est tangent, au point $\rho_1 q_1$ (c_1 sera la célérité du son correspondante), au graphique analogue correspondant à l'évolution adiabatique d'un gaz. Dans le

cas de la relation (13), il vient, pour déterminer les constantes B et ρ_0,

$$B = \frac{\rho_1^2 q_1^4}{c_1^2}, \qquad \rho_0^2 = \rho_1^2\left(1 - \frac{q_1^2}{c_1^2}\right),$$

valeur acceptable pour $q_1 < c_1$. La loi (13) ne peut donc être admise pour loi approchée que dans le cas de mouvements subsoniques.

Au contraire la loi (14) qui amène à la même expression pour B, mais avec $\rho_0^2 = \rho_1^2(q_1^2/c_1^2 - 1)$, conviendra pour des écoulements supersoniques dans lesquels la vitesse reste voisine de la valeur donnée $q_1 > c_1$.

Le développement des formules dans l'un ou l'autre cas ne présente pas de difficultés. Bornons-nous ici au cas supersonique [relation (14)]. On vérifie que, posant $q = \sqrt{B/\rho_0^2}\cos\chi$, on a

$$\Phi = F(\chi - \theta) + G(\chi + \theta), \qquad \Psi = -F(\chi - \theta) + G(\chi + \theta),$$

F et G étant deux fonctions arbitraires, dont les dérivées seront notées F′ et G′. Les coordonnées du point où la vitesse est $qe^{i\theta}$ sont données par la formule

$$x + iy = z = -\frac{1}{\sqrt{\frac{B}{\rho_0^2}}\sin\chi\cos\chi}\{F' e^{i(\theta+\chi)} + G' e^{i(\theta-\chi)}\};$$

enfin le potentiel des vitesses et la fonction de courant sont

$$\Phi = -\frac{\cos\chi}{\sin\chi}(F' + G') - (F + G), \qquad \Psi = \frac{\sin\chi}{\cos\chi}(G' - F') + F - G.$$

7. Une autre extension est la suivante. On égalera à +1 ou à −1 le rapport h/k des coefficients d'un système déduit de (1) ou de (3) par l'application répétée de la transformation du n° 3. On définit ainsi des lois $q(\rho)$ et $p(\rho)$ dans lesquelles apparaissent les constantes arbitraires dont il est question à la fin du n° 3, constantes dont on pourra adapter les valeurs pour suivre de plus près les lois que donne le fluide réel.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section des Académiciens libres en remplacement de M. *Joseph Bethenod*, décédé.

Le nombre des votants étant 48, le scrutin donne les résultats suivants :

	Nombre de suffrages.		
	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. Louis Hackspill	17	21	28
M. Pierre Chevenard	11	14	13
M. Henri Piéron	11	10	7
M. Paul Lévy	5	3	
M. Raymond Jouaust	2		
M. André Kling	2		

M. **Louis Hackspill**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement provisoire de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **François Maigron** adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1943.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE ET PROBABILITÉ. — *Sur les courbes de distribution statistique* (¹). Note de M. **René Risser**.

On sait que K. Pearson, étudiant le polygone obtenu en joignant les points du graphique binomial, a considéré la pente du côté $(n, n+1)$, soit $(Y_{x+1} - Y_x)$, avec

$$(1) \qquad Y_x = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x},$$

et l'a rapproché de l'ordonnée moyenne; après avoir pris comme variable $\xi = x + (1/2)$, et posé $-[np + (p-q)/2] + \xi = X\sigma$, avec $\sigma = \sqrt{npq}$, il a été conduit à l'équation

$$(2) \qquad \frac{\sigma \Delta y}{y_m} = \frac{-x}{1 + \frac{1}{n} + \frac{q-p}{2\sigma} x},$$

qui ne vaut que pour le polygone réduit. Supposant n très grand, le polygone binomial dessine une courbe dont la pente est définie par l'équation ci-dessus, et l'on a approximativement $y'/y = -x$.

Une méthode tout à fait analogue dans le cas de tirages exhaustifs a conduit Pearson à étudier les courbes de distribution fournies par l'étude de l'équation

$$\frac{y'}{y} = -\frac{(x + a_0)}{b_0 + b_1 x + b_2 x^2}.$$

On peut procéder à l'étude des courbes de distribution en recourant à l'équation aux différences finies $\Delta y/y = [f(x+1) - f(x)]/f(x)$, et montrer que, sous certaines conditions, l'on retrouve les relations donnant la valeur de y'/y, tant dans le cas des tirages non exhaustifs que dans celui des tirages exhaustifs, relations identiques à celles trouvées par K. Pearson. Il est un deuxième mode de recherche des courbes de distribution, fondé sur la valeur de

$$\frac{y'}{y} = \frac{f(x+1) - f(x-1)}{2f(x)},$$

(¹) Premier document retiré du pli cacheté n° 11967, déposé le 17 avril 1944, ouvert à la demande de l'auteur le 13 novembre 1944.

relation qui revient à substituer aux petits arcs $(y_{x+1}, x+1)$, $(y_{x-1}, x-1)$ des paraboles du second degré.

Dans le cas des tirages non exhaustifs, pour lesquels l'on prend

$$f(x) = C_K^x p^x (1-p)^{K-x},$$

on est conduit à la solution

$$(3) \qquad y = A e^{-x\frac{(p^2-q^2)}{2pq}} (x+1)^{\frac{p}{2q}(K+1)} (K-x+1)^{\frac{K+1}{2}};$$

si l'on considère le cas de tirages exhaustifs (cas de m tirages d'une urne renfermant K boules blanches et h boules noires), avec $K > h > m$, l'on trouve

$$(4) \qquad \frac{y'}{y} = \frac{1}{2}\left[\frac{(K-x)(m-x)}{(x+1)(h-m+1+x)} - \frac{x(h-m+x)}{(K-x+1)(m-x+1)}\right]$$

et

$$(5) \qquad y = \frac{(x+1)^{\frac{(K+1)(m+1)}{2(h-m)}} (m-x+1)^{\frac{(h+1)(m+1)}{2(K-m)}}}{(h-m+1+x)^{\frac{(h+1)(h+K+1-m)}{2(h-m)}} (K-x+1)^{\frac{(K+1)(h+K+1-m)}{2(K-m)}}}.$$

L'examen du cas particulier $h = K$ conduit à des résultats dignes d'intérêt.

Si l'on revient au cas général, y'/y se présente sous la forme

$$\frac{y'}{y} = \frac{1}{2}\,\frac{b_0 x^3 - b_1 x^2 + b_2 x - b_3}{a_0 x^4 + a_1 x^3 + a_2 x^2 + a_3 x + a_4},$$

à laquelle on peut substituer

$$(6) \qquad \frac{y'}{y} = -\frac{1}{2}\,\frac{P_3(X\sigma)}{P_4(X\sigma)}, \quad \text{avec} \quad x = mp + X\sigma \quad \text{et} \quad \sigma = \sqrt{mpq},$$

$$p = \frac{K}{h+K}, \qquad q = \frac{h}{h+K}.$$

Il y a lieu de remarquer que, lorsque l'équidistance des abscisses est fixée à $1/\sigma$, l'on est amené, dans l'hypothèse où l'écart quadratique σ est supposé très grand, à étudier l'équation

$$\frac{Y'}{Y} = -\frac{M - NT}{T^2\sigma^2 + TS\sigma + Q}.$$

On peut par un processus simple, en partant de (4), mettre en évidence la courbe en cloche, et, dans le cas où $K > m > h$, la courbe en U; on peut de plus faire apparaître (grâce à une discussion simple) les autres types de distribution de Pearson.

Nous avons également étudié en détail le type d'équation différentielle

$$(7) \qquad \frac{y'}{y} = \frac{-x}{b_0 x^4 + b_1 x^3 + b_2 x^2 + b_3 x + b_4},$$

que l'on peut ramener au type $y'/y = a_0 + x/(b'_0 x^4 + b'_2 x^2 + b'_3 x + b'_4)]$ en

passant en revue les multiples combinaisons que peuvent former les racines de l'équation

$$b_0 x^4 + b_1 x^3 + b_2 x^2 + b_3 x + b_4 = 0.$$

Nous avons ainsi mis en évidence, lorsque les racines sont toutes réelles, distinctes et finies, les divers types de distribution de Pearson, sauf le type de courbe en U; ce dernier type apparaît lorsque le dénominateur a deux racines réelles et deux imaginaires conjuguées.

Il y a lieu enfin de remarquer qu'une méthode analogue à celle indiquée par Pearson permet, au moyen des moments M_i ($i = 0, 1, 2, 3, 4$), de déterminer les constantes b_i; la nature des racines de l'équation

$$b_0 x^4 + b_1 x^3 + b_2 x^2 + b_3 x + b_4 = 0,$$

fournit le moyen de déceler le type de distribution.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les conditions d'existence d'une dérivée angulaire dans la représentation conforme*. Note de M^lle **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit Δ le domaine simplement connexe décrit par le point $\xi_1 = \xi + i\eta$ représentatif de la fonction univalente $f(z)$ lorsque le point $z = x + iy$ décrit le demi-plan $D(x > 0)$. Supposons qu'au point $z = \infty$ corresponde un bout premier de Δ admettant un point accessible α à l'infini. On appelle *dérivée angulaire* en ce point la limite, si elle existe, du rapport $f(z)/z$ lorsque $z \to \infty$ dans un angle $|\operatorname{Arg} z| < (\pi/2) - \varepsilon$. On dit alors que Δ est *valable* à l'infini.

Nous avons déjà pu [1] améliorer les conditions géométriques trouvées par M. Ahlfors [2] pour que Δ soit valable. En reprenant la démonstration de l'inégalité de M. Ahlfors, nous arrivons maintenant aux résultats suivants.

Supposons Δ orienté de telle sorte que les directions des axes réels se correspondent à l'infini dans les deux domaines. Δ doit évidemment, pour être valable, contenir une portion illimitée de l'axe réel, soit $\xi > R_0$. Supposons en outre le point $\xi_1 = 0$ non intérieur à Δ.

Désignons, pour $\rho > R_0$, par β_ρ la coupure de Δ portée par le cercle $|\xi_1| = \rho$ et rencontrant l'axe réel, qui sépare $\xi_1 = R_0$ du point α. Les extrémités de cette coupure ont, l'une un argument positif $y(\rho)$, l'autre un argument négatif $y'(\rho)$.

Théorème 1. — *Une condition nécessaire pour que le domaine Δ soit valable est que, pour toute suite positive croissante $R_1, R_2, \ldots, R_n, \ldots$, tendant vers l'infini avec n, et telle que, en posant $\delta_n = \log R_{n+1} - \log R_n$, la série $\sum_{n=1}^{\infty} \delta_n^2$ soit conver-*

(1) J. Ferrand, *Ann. Éc. Norm. sup.*, 59, 1942, p. 43.

(2) L. Ahlfors, *Acta Soc. Sc. Fennicae*, Nova series A, 1, IX, pp. 1-40.

gente, on ait

$$\sum_{n=1}^{\infty}(\theta_n+\theta'_n)\delta_n > -\infty,$$

en désignant par $(\pi/2)+\theta_n$ le minimum de $y(\rho)$ et par $-(\pi/2)-\theta'_n$ le maximum de $y'(\rho)$ pour $R_n \leqq \rho \leqq R_{n+1}$.

THÉORÈME 2. — *Avec les mêmes notations, une condition suffisante pour qu'un domaine* Δ *contenant un domaine valable soit lui-même valable est qu'il existe une suite* R_n *pour laquelle*

$$\sum_{n=1}^{\infty}\theta_n\delta_n < \infty, \qquad \sum_{n=1}^{\infty}\theta'_n\delta_n < \infty.$$

La démonstration est basée sur une légère modification des coupures considérées par M. Ahlfors, portant seulement sur les extrémités. Le procédé de balayage partiel de Δ par la suite des coupures circulaires β_ρ peut en effet s'appliquer à n'importe quel genre de coupures pourvu qu'elles forment une famille de courbes parallèles. Plus précisément, dans le plan $\sigma = \log\xi_1$, nos coupures sont représentées par un segment de longueur constante

$$\Theta_n = \pi + \theta_n + \theta'_n$$

sur chaque segment $R_n \leqq \rho \leqq R_{n+1}$, terminé par deux *crochets* en forme d'arcs de cercle. Nous arrivons ainsi à l'inégalité améliorée

$$\underline{u}(R_n) - \overline{u}(R_0) > \log R_n - \log R_0 - \frac{3}{2}\sum_{i=1}^{n}\delta_i^2 - \frac{1}{\pi}\sum_{i=1}^{n}(\theta_i+\theta'_i)\delta_i - 4\pi,$$

où $\underline{u}(\rho)$ et $\overline{u}(\rho)$ représentent respectivement le minimum et le maximum de $u = \log|z|$ sur la coupure image dans le plan z de la coupure $\beta_\rho^\star$ obtenue par modification de β_ρ.

De cette inégalité on déduit facilement les théorèmes 1 et 2.

En reprenant avec plus de précision les résultats antérieurs établis avec l'aide de l'intégrale de Poisson et de la mesure conforme, on peut établir des réciproques à ces théorèmes et énoncer le

THÉORÈME 3. — *Une condition suffisante pour qu'un domaine* Δ *soit valable est qu'il existe une suite* R_n *permettant la convergence des trois séries*

$$\sum_{n=1}\delta_n^2, \quad \sum_{n=1}^{\infty}\theta_n^2, \quad \sum_{n=1}^{\infty}\theta'^2_n.$$

Cette condition suffisante est nécessaire au moins dans les deux cas où le domaine Δ est contenu dans le demi-plan $\xi > 0$ ou contient ce demi-plan.

PHYSIQUE. — *Détermination, au mieux, des paramètres d'une courbe expérimentale, au moyen de caractéristiques absolues données artificiellement à cette courbe.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

La détermination la plus sûre des paramètres d'une courbe expérimentale est probablement, comme nous l'avons expliqué ([1]), celle qui repose sur l'identification, le long d'intervalles partiels, des valeurs moyennes des ordonnées de la courbe expérimentale et d'une courbe théorique représentative. Mais la méthode suppose un nombre de points expérimentaux assez élevé, et, même dans le cas de courbes théoriques assez simples, elle peut conduire à des calculs numériques très pénibles.

On peut évidemment déterminer les paramètres d'après quelques ordonnées expérimentales, mais le problème est de bien choisir ces ordonnées, et surtout la valeur (qui n'est pas, du fait de l'erreur expérimentale, le chiffre exactement mesuré) à donner à ces ordonnées.

Si, par un artifice, on crée, dans la courbe expérimentale, une propriété absolue, un *maximum* par exemple, il est naturellement moins *arbitraire* de choisir l'ordonnée de ce maximum plutôt qu'une ordonnée quelconque; surtout, du fait de la lente variation de l'ordonnée au voisinage du maximum, la valeur du maximum sera relativement très sûrement déterminée, et un graphique la fera connaître facilement; il ne s'agit plus d'une ordonnée isolée dont la meilleure valeur est assez difficile à choisir : on prend, en quelque sorte, la moyenne de plusieurs ordonnées.

De même, si la courbe transformée admet une inflexion et que l'on connaisse un point de la tangente inflexionnelle, la pente de cette tangente (peu variable au voisinage de l'inflexion) sera particulièrement bien déterminée, et sera, pour la détermination des paramètres, une donnée particulièrement sûre.

Il y a deux manières de donner à une courbe expérimentale de tels caractères absolus : ou bien on ajoute à la fonction expérimentale une expression connue, ou bien on la multiplie par une expression connue. La première a l'avantage de ne pas altérer la répartition des points autour de la courbe régulière passant au mieux à travers eux. Il n'en est plus de même avec la deuxième, mais comme elle est plus féconde, on peut passer sur son inconvénient, en observant que, dans les parties utiles de la courbe transformée, la distribution des points autour de la courbe régulière n'est que modérément altérée. Donnons des exemples.

A une courbe expérimentale qu'il serait opportun de représenter par un polynome du second degré (ax^2+bx+c), on ajoutera l'expression λx, en donnant successivement à λ trois valeurs distinctes, telles que la courbe

---

([1]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, pp. 329 et 475; **211**, 1940, p. 134.

transformée présente un maximum vers le début de l'intervalle expérimental, vers le milieu et vers la fin. On trouve sans peine que les trois valeurs obtenues pour le maximum déterminent les trois paramètres a, b, c.

Une courbe $A e^{-\alpha x}$ sera, cette fois, multipliée par $(x+\lambda)$. On donnera à λ successivement deux valeurs, par exemple 0 et λ_1. Du rapport des deux maximums, on déduit immédiatement α, d'où A par le premier maximum.

Si l'asymptote de l'exponentielle n'est pas connue, on appliquera le procédé à $f(x)-f[x+(X/2)]$, X étant l'étendue de l'intervalle expérimental. On a ainsi α et A; l'ordonnée B de l'asymptote apparaît alors comme la valeur moyenne de $f(x) - A e^{-\alpha x}$. Le caractère exponentiel se vérifie très bien ainsi. On peut généraliser au cas où l'asymptote, au lieu d'être horizontale, est oblique, en appliquant le procédé à une différence de différence.

On peut aussi, dans le cas de la courbe $f(x) = A e^{-\alpha x} + B$, former le produit $x f(x)$, qui, si B a l'ordre de grandeur convenable (on le modifiera si besoin est), présente maximum, minimum et inflexion. L'ordonnée à l'origine de la tangente d'inflexion se calculant, on a les trois données, maximum, minimum et pente de la tangente d'inflexion, qui permettent de connaître les trois paramètres B, α et A. Nous avons normalisé les calculs. En fait, le procédé est moins commode que le précédent, et il nécessite la connaissance de la fonction expérimentale sur un intervalle un peu trop considérable.

Lorsque l'inflexion est longue, la tangente d'inflexion est très bien déterminée en pente et en position, ce qui fait deux données utiles. Une telle tangente est très précieuse pour le dépouillement des expériences comportant deux exponentielles d'amplitudes de signes contraires, et de constantes (temps ou espace) notablement différentes (propagation de la chaleur, amortissement des systèmes vibrants); c'est un des cas *très rares* où l'inflexion est vraiment *longue* (on la caractérise par le rapport de la dérivée 3^e^ à l'ordonnée maximum).

En fait, il apparaît que l'inflexion est rarement une donnée intéressante au point de vue de cette Note; il suffit de porter son attention sur les maximums et minimums.

L'utilisation que nous avons faite de ces procédés a confirmé la nécessité absolue de points expérimentaux *nombreux* pour la bonne détermination de la courbe expérimentale la plus simple.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Calcul du champ créé par le mouvement d'une charge électrique*. Note [1] de M. **Émile Durand**.

M. R. Reulos [2] a indiqué une méthode qui semble différer essentiellement de la méthode classique; nous allons montrer qu'elle lui est entièrement équivalente.

---

(1) Séance du 6 novembre 1944.

(2) *Annales de Physique*, 7, 1937, pp. 700-789; *Cahiers de Physique*, 3, 1941, pp. 1-14.

Cet auteur admet que le champ électrique de la charge au repos a pour expression (³)

$$E_0^w = r^{-3} r^w \quad \text{avec} \quad r^w = x^w - \xi^w; \quad r = \sqrt{r_w^w},$$

$w = 1, 2, 3$; x^w sont les coordonnées du point où l'on calcule le champ; ξ^w sont les coordonnées de la charge supposée ponctuelle et égale à l'unité. Quand la charge est en mouvement, $\xi^w = f^w(t)$, les E_0^w deviennent des fonctions du temps et des x^w; on admet alors que $\vec{E}_0$ engendre un champ magnétique $\vec{H}_0$ conformément aux équations de Maxwell dans le vide; ce champ magnétique variable engendre un nouveau champ électrique $\vec{E}_1$, et ainsi de suite indéfiniment. Le champ définitif se présente donc sous forme de développement en série

$$\vec{E} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \vec{E}_n, \qquad \vec{H} = \sum_{n=0}^{n=\infty} \vec{H}_n;$$

on a, pour calculer les termes successifs, les relations (⁴)

$$(1) \qquad \begin{cases} \partial^4 \overrightarrow{H_{n-1}} = -\operatorname{rot} \vec{E}_n, & \partial^4 \vec{E}_n = \operatorname{rot} \vec{H}_n; \\ \operatorname{div} H_n = 0, & \operatorname{div} E_n = 0. \end{cases}$$

M. R. Reulos a donné de (1) les solutions suivantes :

$$(2) \qquad \begin{cases} \mathcal{H}_p^w = \dfrac{p-1}{p!} (\partial^4)^p r^{p-3} [r^u \xi^v - r^v \xi^u], \\ \mathcal{E}_p^w = \dfrac{p-1}{p!} (\partial^4)^{p-1} [(p-3) r^{p-5} \xi_v r^{wv} - (p-1) r^{p-3} \xi^w], \end{cases}$$

p prenant soit les valeurs paires $p = 2n$, soit les valeurs impaires $p = 2n+1$; on aura une solution plus générale en prenant

$$(3) \qquad H_n = \mathcal{H}_{2n} + K \mathcal{H}_{2n+1}, \qquad E_n = \mathcal{E}_{2n} + K \mathcal{E}_{2n+1},$$

où K est un coefficient numérique quelconque.

Nous ferons correspondre aux champs (2) les potentiels

$$(4) \qquad \mathcal{A}_p^w = \frac{1}{p!} (\partial^4)^p r^{p-1} \xi^w, \qquad \mathcal{A}_p^4 = \frac{1}{p!} (\partial^4)^p r^{p-1}$$

et aux champs (3) les potentiels $A_n = \mathcal{A}_{2n} + K \mathcal{A}_{2n+1}$; on a

$$H_n^w = \partial^u A_n^v - \partial^v A_n^u, \qquad E_n^w = -\partial^w A_n^4 - \partial^4 A_{n-1}^w;$$

à cause de la présence des indices n et $n-1$ au second membre de E_n^w, ce n'est

(³) On fait usage de la règle de sommation du calcul tensoriel dans l'espace euclidien ordinaire $r_w^w = r_w r^w = (\vec{r})^2$.

(⁴) $x_4 = ct$; $\partial^4 = \partial/\partial x_4$; $\partial^w = \partial/\partial x^w$; $\xi^w = \partial^4 \xi^w$; (uvw), permutation circulaire de 1, 2, 3.

pas la relation habituelle entre les champs et les potentiels; mais, si l'on pose

$$A^{w}=\sum_{n=0}^{n=\infty} A_{n}^{w}, \qquad A^{4}=\sum_{n=0}^{n=\infty} A_{n}^{4};$$

comme $E_0^w = -\partial^w A_0^4$, on a, entre les champs et les potentiels résultants, les relations classiques $H^{uv} = \partial^u A^v - \partial^v A^u$, $E^w = -\partial^w A^4 - \partial^4 A^w$.

On vérifie sans peine que l'on a $\partial_u A_n^u = -\partial_4 A_n^4$; $\partial_u^u A_n = \partial_4^4 A_{n-1}$, d'où l'on déduit que les potentiels résultants satisfont à la condition de Lorentz et à la relation $\square A = 0$.

Si l'on a q charges e_i de vitesses $c.\dot{\xi}_i^w$, situées à des distances r_i du point x^w et, si l'on se borne aux valeurs $K = \pm 1$, on aura

$$(5) \qquad A^{w}=\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{n!}(\pm\partial^4)^n \sum_{i=1}^{i=q} r_i^{n-1} e_i \dot{\xi}_i^w, \qquad A^{4}=\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{n!}(\pm\partial^4)^n \sum_{i=1}^{i=q} r_i^{n-1} e_i.$$

Pour établir l'équivalence de ces dernières formules et des formules classiques nous partirons de

$$(6) \qquad A^{w}=\iiint_{(v)} r^{-1}[\rho\dot{\xi}^w]_{(x_4 \pm r)}\, d\tau, \qquad A^{4}=\iiint_{(v)} r^{-1}[\rho]_{(x_4 \pm r)}\, d\tau.$$

r est une fonction des six variables (x_w, ξ_w) mais non de x_4; on peut donc développer la fonction de l'argument $x_4 \pm r$ en série de Taylor; on obtient

$$(7) \qquad A^{w}=\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{n!}(\pm\partial^4)^n \iiint_{(v)} r^{n-1}\rho\dot{\xi}^w\, d\tau, \qquad A^{4}=\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{1}{n!}(\pm\partial^4)^n \iiint_{(v)} r^{-1}\rho\, d\tau.$$

Nous avons ainsi retrouvé les formules (5), car on a l'équivalence

$$\sum_i r_i^{n-1} e_i \dot{\xi}_i^w \sim \iiint_{(v)} r^{n-1}\rho\dot{\xi}^w\, d\tau$$

entre les conceptions discontinues et continues.

Voici un exemple d'application de nos formules (5).

Mouvement rectiligne et uniforme d'une charge. — On donne

$$\xi^w = \beta^w x_4 + \xi_0^w, \qquad \text{d'où} \quad \dot{\xi}^w = \beta^w = \frac{v^w}{c} = \text{const.};$$

il y a donc entre les potentiels la relation bien connue $A^w = \dot{\xi}^w A^4$ et il suffit de calculer A^4; les termes $\mathfrak{A}_{2n+1}^4$ sont nuls et, pour les termes pairs, on a

$$\mathfrak{A}_{2n}^4 = \frac{r^{-1}}{n!}\left(-\frac{1}{2}\right)\left(-\frac{1}{2}-1\right)\left(-\frac{1}{2}-2\right)\cdots\left(-\frac{1}{2}-n+1\right)[r^{-2}(\dot{\xi}_v r^v)^2 - \dot{\xi}_v^v]^n.$$

On reconnaît le développement du binome, d'où, pour la somme de la série,

$$A^4 = r^{-1}[1 + r^{-2}(\dot{\xi}_v r^v)^2 - \dot{\xi}_v^v]^{-\frac{1}{2}}.$$

Si l'on pose

$$M^{\iota\nu} = r^u \xi^\nu - r^\nu \xi^u,$$

on peut écrire

$$A^4 = [r^2 - M^{\iota\nu}_{\iota\nu}]^{-\frac{1}{2}} = \left[r^2 - (\vec{r} \wedge \vec{\xi})^2\right]^{-\frac{1}{2}} = r^{-1}[1 - \beta^2 \sin^2\theta]^{-\frac{1}{2}},$$

θ désignant l'angle que forme le vecteur $r^{\iota\nu}$ avec le vecteur vitesse; on reconnaît la formule classique.

OPTIQUE. — *Analyse spectrale d'une onde amortie.* Note de M. **Robert Lennuier.**

Soit l'onde progressive amortie dont l'état vibratoire est défini par

$$y = e^{-2\pi\Gamma\left(t - \frac{r}{c}\right)} e^{-2\pi i \nu_0\left(t - \frac{r}{c}\right)}.$$

Supposons qu'à une distance r de la source suffisamment grande pour que la portion de cette onde, qui sera utilisée, puisse être considérée comme plane, elle tombe normalement sur un réseau plan de pas a, et qu'on observe l'intensité de l'onde diffractée par le réseau en fonction de la direction, définie par son angle θ avec la direction d'incidence.

Lorsqu'on passe d'un trait du réseau au suivant, l'expression de l'état vibratoire de l'onde diffractée par ce trait est multipliée par

$$e^{2\pi\Gamma\frac{\Delta r}{c}} e^{2\pi i \nu_0 \frac{\Delta r}{c}},$$

où

$$\Delta r = a \sin\theta.$$

Posant

$$\varphi = 2\pi \, \Delta r \frac{\nu_0}{c},$$

on trouve, par un calcul analogue au calcul classique, que l'intensité diffractée dans la direction θ par N traits consécutifs du réseau est

$$|z|^2 = \text{const.} \times \frac{\left(1 - e^{-N\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi}\right)^2 + 4\, e^{-N\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi} \sin^2 N\frac{\varphi}{2}}{\left(1 - e^{-\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi}\right)^2 + 4\, e^{-\frac{\Gamma}{\nu_0}\varphi} \sin^2\frac{\varphi}{2}},$$

$|z|^2$ est fonction de θ par l'intermédiaire de φ.

Lorsque le réseau reçoit une onde monochromatique plane (train d'ondes non amorti), on peut à chaque direction θ faire correspondre une fréquence ν par

$$2k\pi = 2\pi a \frac{\nu}{c} \sin\theta,$$

k étant l'entier (petit) qui fixe l'ordre du spectre considéré. Il est intéressant de déterminer quel domaine des fréquences ν ainsi définies couvre la figure de diffraction donnée de l'onde y par le réseau; cela revient à faire le changement

de variable de θ en ν, soit

$$\varphi = 2k\pi\frac{\nu_0}{\nu} = 2k\pi + 2k\pi\frac{\nu_0 - \nu}{\nu}.$$

Supposant d'autre part que la mesure, commencée à l'époque t, est interrompue à l'époque $t+\tau$, le nombre N des traits utilisés vérifie

$$\tau = \mathrm{N}\frac{\Delta r}{c} = \mathrm{N}\frac{k}{\nu}$$

(on suppose que le réseau est idéal, c'est-à-dire comporte autant de traits qu'il est nécessaire).

Introduisant cette durée τ de la mesure, il vient

$$|z|^2 = \text{const.} \times \frac{(1 - e^{-2\pi\Gamma\tau})^2 + 4e^{-2\pi\Gamma\tau}\sin^2\pi(\nu_0 - \nu)\tau}{\left(1 - e^{-2\pi\Gamma\frac{\tau}{\mathrm{N}}}\right)^2 + 4e^{-2\pi\Gamma\frac{\tau}{\mathrm{N}}}\sin^2\pi\frac{\nu_0 - \nu}{\mathrm{N}}\tau},$$

qui fixe la répartition, dans l'échelle des fréquences ν, de l'onde diffractée de part et d'autre de la direction correspondant à $\nu = \nu_0$.

Le dénominateur peut, avec une approximation excellente, s'écrire sous une forme plus simple. En effet $\Gamma\tau/\mathrm{N} = k\Gamma/\nu$ est très petit (par exemple de l'ordre de 10^{-8}); $\pi(\nu_0 - \nu)\tau/\mathrm{N} = k\pi(\nu_0 - \nu)/\nu$ est également très petit en valeur absolue si, ce que l'on peut toujours supposer, $|\nu_0 - \nu| \ll \nu_0$; [l'intensité diffractée, pour un ordre k donné, dans un domaine des ν ne satisfaisant pas cette condition, est parfaitement négligeable (¹)]. Il vient alors

$$|z|^2 = \text{const.} \times \frac{(1 - e^{-2\pi\Gamma\tau})^2 + 4e^{-2\pi\Gamma\tau}\sin^2\pi(\nu_0 - \nu)\tau}{(\nu_0 - \nu)^2 + \Gamma^2}.$$

Cette expression est identique à celle que fournit la Mécanique ondulatoire lorsqu'on calcule la probabilité pour qu'un atome, excité à l'instant $t = 0$ émette avant l'instant t un photon de fréquence ν. La grandeur $(4\pi\Gamma)^{-1}$ est alors la vie moyenne de l'atome dans l'état excité, et ν_0 la fréquence de Bohr correspondant à la transition de retour au niveau fondamental. Toutefois la grandeur τ introduite dans $|z|^2$ est alors remplacée par une variable t qui ne paraît pas s'identifier immédiatement avec τ. G. Breit (²), dans son étude *Quantum Theory of Dispersion*, considère t comme le temps écoulé depuis l'instant d'excitation de l'atome. Il déduit alors de l'expression $|c_s|^2$ de la probabilité cherchée (expression identique à notre $|z|^2$ à cette substitution près de t à τ) que *les probabilités relatives d'émission des diverses fréquences varient avec l'instant de l'émission*, les fréquences les plus éloignées du centre ($|\nu_0 - \nu| \gg \Gamma$) étant émises les premières [$t \ll (4\pi\Gamma)^{-1}$]. En nous reportant

---

(¹) *Reviews of Modern Physics*, 5, 1933, p. 93.

(²) Nous laissons de côté le cas où le rayonnement présenterait un amortissement exceptionnellement élevé.

à notre expression $|z|^2$, où τ représente, non pas le temps écoulé depuis l'excitation de l'atome, mais seulement la durée de l'observation, nous sommes conduit à rejeter l'interprétation de Breit : le début de la durée τ peut en effet se situer à n'importe quel instant postérieur à l'excitation de l'atome, en sorte que les fréquences ν sur lesquelles, après passage à travers le réseau, peut apparaître le photon, possèdent les mêmes probabilités respectives, quelle que soit l'ancienneté de l'excitation.

En réalité la variable t possède exactement la même signification que τ : la quantité $|c_s|^2$ de Breit représente les résultats possibles, avec leurs probabilités respectives, d'une observation qui doit nécessairement se poursuivre de l'instant 0 à l'instant t; quant à l'instant $t = 0$, rien n'oblige à le faire coïncider avec l'instant de l'excitation de l'atome : c'est simplement un instant où l'observateur a la certitude que l'atome est encore dans l'état excité, et à partir duquel commence la mesure.

On voit donc que *c'est seulement la limitation de la durée de la mesure qui entraîne l'élargissement du profil de la raie naturelle observée*, lorsque l'on diminue t, et que les grandeurs $|c_s|^2$ ou $|z|^2$ nous permettent en somme de formuler avec précision la quatrième relation d'incertitude de Heisenberg.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mise en évidence d'une liaison* (CH←O) *dans les aldéhydes par leur spectre infrarouge; conséquences spectrales et chimiques.* Note de M^me^ **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

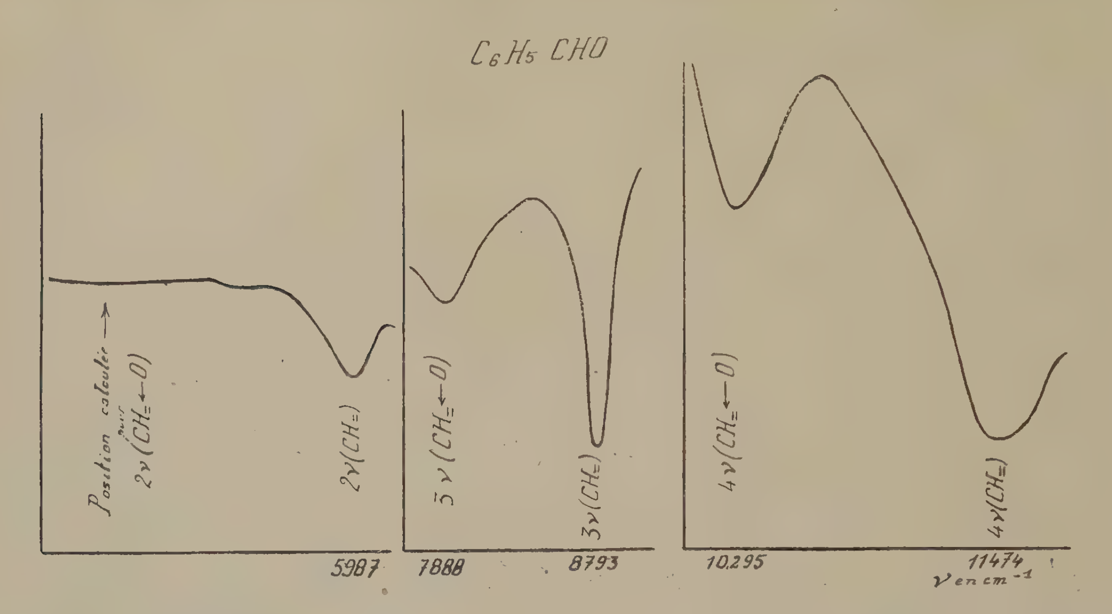
M. Szobel et nous-mêmes [1] avons montré l'existence d'une liaison intramoléculaire (CH←O) pour les composés oxygénés tels que $(CH^3)^2O$ par exemple; des bandes infrarouges caractéristiques de cette liaison (CH←O) traduisent la perturbation de l'oscillateur CH par l'atome d'oxygène. Dans la présente Note nous nous proposons 1° de montrer qu'un effet semblable, d'ailleurs plus marqué, s'observe pour les aldéhydes; 2° d'en tirer des conclusions sur les réactions chimiques étudiées par M. Vavon et ses élèves [2].

I. *Spectres d'absorption infrarouge des aldéhydes benzoïque et salicylique.* — Nous avons examiné entre 0,8 et 2μ,2 environ le spectre infrarouge de C^6H^5CHO et $C^6H^4(OH)(CHO)$, *ortho*. La figure, relative à l'aldéhyde benzoïque, conduit à l'observation suivante (confirmée par l'étude de l'aldéhyde salicylique) : Les fréquences harmoniques 4ν(CH=) et 3ν(CH=), voisines respectivement de 11474 et 8793 cm^{-1}, (0,8715 et 1,1373μ), sont *accompagnées toutes deux des bandes* 4ν*(CH=←O) et* 3ν*(CH=←O) vers* 10295 *et* 7888 cm^{-1}. *Comme*

(1) M. et R. Freymann, *Cahiers de Physique*, **14**, 1943, p. 49; L. Szobel, *Comptes rendus*, **218**, 1944, pp. 315, 347 et 834.

(2) Vavon et Anziani, *Bull. Soc. Chim.*, **4**, 1937, p. 20; Vavon et Montheard, *Bull. Soc. Chim.*, **7**, 1940, p. 551; Montheard, *Thèse*, Paris, 1941.

pour $(CH^3)^2O$, *ces bandes résultent de la perturbation de l'oscillateur* CH *par l'atome d'oxygène immédiatement voisin;* on notera que le déplacement de



fréquence est plus grand que pour la perturbation des éthers-oxydes, mais que la bande (CH←O) est peu intense pour les aldéhydes.

Ces résultats expérimentaux ont été confirmés pour diverses aldéhydes aliphatiques R(CHO), par M. Krausz et l'un de nous; ce travail sera publié ailleurs. Ajoutons qu'*aucune cétone ne montre le phénomène observé* pour les aldéhydes.

II. *La liaison* (CH←O) *des aldéhydes et la chélation sont deux phénomènes distincts.* — Les données précédentes permettent de modifier les conclusions tirées par M. Vavon de ses importantes études sur la *chélation* des aldéhydes (2): au lieu d'admettre la formule (A), prouvée par diverses méthodes physico-chimiques et confirmée par l'infrarouge (3), cet auteur proposait la formule (B)

(A) (B)

(3) R. Freymann, *J. Phys.*, 9, 1938, p. 517, et 10, 1939. p. 1; R. Freymann et R. Heilmann, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 415.

Cette hypothèse était basée sur les mesures de vitesse de réaction avec NH^2OH, $NH^2NHC^6H^5$, $NH^2CONHNH^2$ etc. de nombreuses aldéhydes ou cétones notamment (I) C^6H^5CHO; (II) et (III) $C^6H^4(CHO)(OH)$ *ortho* et *para*; (XII) et (XIII) $C^6H^4(CHO)(OCH^3)$ *ortho* et *para*; (XVI) $C^6H^5COCH^3$; (XVII) et (XVIII) $C^6H^4(COCH^3)(OH)$ *ortho* et *para* etc.

La conclusion de cette étude chimique [la formule (B)] est en désaccord sur deux points cruciaux avec les données physicochimiques : 1° Si l'on admettait la formule (B), le composé (XVII) ne pourrait être chélaté, puisqu'il n'y a pas d'hydrogène aldéhydique. Or, dans l'infrarouge, la bande $3\nu(OH)_v$ n'apparaît pas : il y a donc certainement chélation, et seule la formule (A) peut en rendre compte; cette remarque reste valable pour d'autres composés hydroxylés. 2° Selon les mesures de vitesse de réaction, (XII) serait chélaté. Or ce composé ne présente pas d'anomalie physicochimique ([2]); d'autre part il ne renferme pas le groupement OH, alors que la présence de l'oxhydrile est nécessaire ([3]) pour qu'il y ait chélation.

Le désaccord que nous venons de souligner résulte de l'existence de deux phénomènes nettement distincts (dont le second n'était pas connu de M. Vavon, puisque nous le mettons en évidence ici pour la première fois) :

1° *Le phénomène de chélation*, qui existe aussi bien pour les aldéhydes que pour les cétones lorsque le groupement OH est en *ortho* par rapport à $C{=}O$.

2° *Le phénomène de la liaison* ($CH \leftarrow O$), qui existe pour tous les aldéhydes qu'ils soient, ou non, chélatés (C^6H^5CHO par exemple); mais ce phénomène n'existe certainement pas pour les cétones.

En résumé, si la possibilité d'un équilibre de résonance entre les formes (A) et (B) ne peut être exclue à priori, il est prouvé, par les spectres infrarouges, que la forme (A) est prédominante dans les composés chélatés. En outre la méthode spectrale a permis de bien souligner que *les aldéhydes chélatés forment une classe à part parmi les composés chélatés, car deux phénomènes sont alors superposés.*

PÉDOLOGIE. — *Composition, genèse et âge des sols montagnards tourbeux du Cantal.* Note ([1]) de M. **Georges Dubois**, Mme **Camille Dubois** et M. **Fridolin Firtion**.

Dans le massif volcanique du Cantal les sols montagnards tourbeux se montrent surtout plus haut que 1400m, au-dessus des pentes forestières. Nous les avons étudiés aux abords et aux sommets du Plomb du Cantal (1858m), du Puy Griou (1694m) et du Puy Mary (1787m). Ils y sont épais de quelques centimètres aux sommets à quelques décimètres sur certaines pentes douces. Généralement recouverts du tapis végétal qui contribue à leur établissement,

([1]) Séance du 24 juillet 1944.

ils sont parfois mis à nu par l'érosion naturelle ou par le passage de l'homme ou des bestiaux. Ils ne montrent pas de stratification nette. A l'état humide ils sont franchement noirs, apparemment très tourbeux, cohérents et pâteux. A l'état sec, ils sont moins noirs, fragiles, pulvérulents et montrent, à l'œil nu ou à la loupe, une constitution sableuse.

Ils comportent une trame minérale, la matière humique et des restes végétaux.

A l'exception de quelques gravillons et fragments rocheux pouvant atteindre toutes dimensions, la *trame minérale* est essentiellement formée d'esquilles sableuses plates, à bords peu émoussés, de 10 à 50^{μ}, et, pour une moindre part, de fines particules de quelques μ ou plus fines encore. Il s'y adjoint des grains de sable de 100 à 300^{μ} dépassant rarement le demi-millimètre, le plus souvent anguleux, parfois bien roulés. Tous ces éléments paraissent, en grande partie, être d'apport éolien.

La *matière humique*, qui agglomère entre elles les particules minérales, a été dosée sur échantillon séché jusqu'à poids constant (à 18-20° sur chlorure de calcium), par examen colorimétrique de l'extrait à la lessive de soude 2N. Sa teneur n'est généralement que de l'ordre de 15 à 20 %, parfois moindre.

Les *restes végétaux*, plus ou moins humifiés, toujours rares, sont, hors des radicelles dans les quelques centimètres les plus voisins de la surface, des spores de Fougères, des pollens de Chénopodiacées, d'Ericacées, de *Scabiosa*, de Graminées, de Cypéracées et d'arbres forestiers, tous d'apport éolien plus ou moins lointain. Spores ou pollens, présents partout à tous niveaux étudiés, y sont en bon état de conservation à quelques exceptions près.

Le pourcentage pollinique global basé sur l'ensemble de 20 prélèvements, se présente comme suit : Fagabiétaie 75,89 (*Abies* 48,19 et *Fagus* 27,7), *Pinus* 15,21, *Quercus* 4,79, *Alnus* 2,13, *Betula* 1,21, *Fraxinus* 0,68, *Picea* 0,08 et (séparément compté ainsi que dans l'analyse pollinique des tourbes) *Corylus* 2,35. Dans ce spectre pollinique le pourcentage de la Fagabiétaie est nettement plus élevé que celui de la forêt subterminale ou terminale diversifiée que révèlent les couches superficielles récentes des tourbières cantaliennes ([2]). On peut en déduire que les sols étudiés ne sont pas actuels sur toute leur épaisseur et qu'ils ont une certaine ancienneté historique ou préhistorique.

Nous avons tenté de préciser ce concept en nous adressant à des sols suffisamment épais et assez riches en pollens pour se prêter à l'établissement de diagrammes polliniques. Le plus instructif à cet égard, épais de 60^{cm}, fut relevé près de Saint-Jacques-des-Blats (vallée de la Cère), au sud-ouest du Puy Lacroix, en une entaille de la prairie subalpine couvrant l'épaulement entre les cirques de Ferval et des Davines, un peu en contrebas du sentier des crêtes, vers l'altitude 1580^{m}. Tout en surface et à 5^{cm} de profondeur, le spectre

---

([2]) G. Dubois et Mme C. Dubois, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 465.

pollinique est celui de la forêt subactuelle ou actuelle diversifiée, avec Fagabiétaie certes dominante, mais seulement avec pourcentage voisin de 50. Plus bas, entre 10 et 60^{cm}, la Fagabiétaie est beaucoup plus marquante, au point même d'être exclusive de 20 à 40^{cm}. Ceci nous reporte à une période forestière subatlantique, le plus vraisemblablement contemporaine de l'âge du fer, peut-être un peu plus ancienne encore.

Conclusions. — Les sols montagnards, d'aspect tourbeux, étudiés en Cantal, résultent de l'accumulation de particules minérales d'apport essentiellement éolien, au même titre que les pollens qui y sont mélangés, agglomérées par une matière humique issue de la lente tourbification du tapis végétal, sous le climat montagnard froid et humide. Leur masse, lorsqu'elle est épaisse de plusieurs décimètres, a demandé plusieurs millénaires pour s'accumuler.

MYCOLOGIE. — *Sur le rôle trophique des mycorhizes endotrophes.* Note de M. **Joseph Magrou**, présentée par M. Louis Blaringhem.

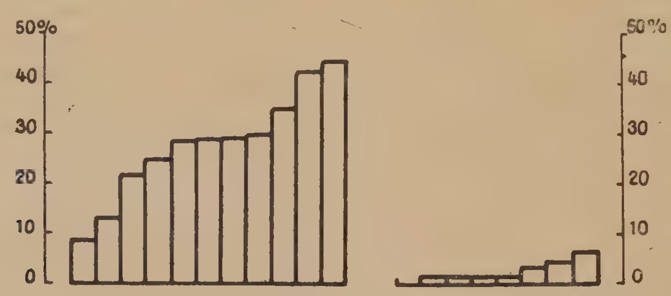
Le rôle trophique des Champignons symbiotiques radicicoles, soupçonné depuis longtemps, a été démontré par M. Melin dans le cas des mycorhizes ectotrophes des arbres humicoles. Les observations ci-dessous plaident également en faveur de l'action trophique des mycorhizes endotrophes.

Poursuivant avec M. Bouget nos recherches sur la culture symbiotique de la Pomme de terre dans les Pyrénées, nous avions semé en 1941, puis en 1943, des graines de cette espèce dans des terrains récemment défrichés, non fumés, choisis pour leur richesse en plantes sauvages à mycorhizes. Ces semis donnèrent des résultats d'une extrême irrégularité : à côté de pieds très vigoureux, d'autres étaient restés chétifs et rabougris et pouvaient sembler, à première vue, atteints de maladies de dégénérescence. Pensant que ce désordre de la végétation tenait peut-être à la carence du sol en éléments utiles à la plante, nous avons fait procéder à l'analyse de la terre de nos champs. Les conclusions furent les suivantes :

La chaux est partout très pauvre, parfois même inexistante. D'une facon générale les matières organiques sont élevées et dans le même sens l'azote est abondant. Mais cet azote organique ne nitrifie pas par suite du manque de chaux. L'acide phosphorique est extrêmement pauvre dans certaines stations, très insuffisant dans d'autres. La potasse assimilable est partout trop faible.

On conçoit que, dans des conditions aussi défavorables, beaucoup de plantes se soient mal développées. Il est plus surprenant que d'autres aient réussi à prospérer dans les mêmes terrains. Soupçonnant en ce cas une intervention des mycorhizes, nous avions fixé des racines d'un certain nombre de pieds, les uns d'apparence saine, les autres d'apparence malade. Les racines de chaque pied, rassemblées en faisceaux, ont été débitées en coupes en série et examinées après coloration; pour chaque pied on a compté le nombre total de racines

observées, le nombre de racines infestées et, parmi ces dernières, on a distingué celles qui renfermaient des Champignons vivants et celles dont les Champignons avaient été entièrement détruits par phagocytose. Ces numérations, qui ont porté sur 19 plantes, dont 11 d'apparence saine et 8 d'apparence malade, ont montré que, chez les plantes saines, une forte proportion de racines (27,60 % en moyenne) renferment des Champignons vivants, présentant tous les organes caractéristiques des mycorhizes : troncs mycéliens principaux en pleine vitalité, à cytoplasme bien visible, arbuscules, vésicules. Dans certaines de ces racines, les arbuscules sont digérés par les cellules qui les contiennent, mais cette phagocytose reste partielle et respecte les troncs mycéliens principaux qui, demeurés vivants, propagent l'infestation dans les cellules voisines. Chez les pieds d'apparence malade, que l'infestation totale soit insignifiante ou notable, les racines renfermant du mycélium *vivant* sont en faible proportion (2,21 % en moyenne); dans la plupart des racines infestées, le Champignon a été digéré *en totalité*, y compris les filaments principaux, et l'infestation s'est trouvée dès lors arrêtée; les plantes, résistantes à l'infection mycorhizienne, se sont affranchies de la symbiose (voir la figure).



Pourcentage des racines renfermant du mycélium vivant : *à gauche*, chez les plantes saines; *à droite*, chez les plantes malades.

Voici comment, à la lumière de ces observations, on peut tenter d'interpréter les faits :

En règle générale, les racines absorbent mal les composés azotés organiques présents dans le sol. La terre de nos champs, où l'azote existe sous forme organique, devait donc convenir imparfaitement à la Pomme de terre. Par contre les Champignons, eux, peuvent utiliser l'azote organique du milieu extérieur. Chez les pieds qu'ils envahissent et avec lesquels ils contractent une symbiose durable, ils sont digérés de façon lente et partielle par les cellules et assurent ainsi à la plante une source continue de nutrition azotée. Chez les pieds qui détruisent le champignon en totalité, l'aliment azoté qu'il représente est consommé d'un seul coup et la plante est, par suite, condamnée à souffrir d'inanition. Si bien que, dans ces conditions, la Pomme de terre prospère ou dépérit selon qu'elle est sensible ou résistante à l'infection par les Champignons de mycorhizes.

Il est vraisemblable que les endophytes favorisent aussi la nutrition minérale de la plante. Les Champignons en effet sont capables, grâce au mécanisme désigné par M. Lapicque sous le nom d'*épictèse*, de concentrer le potassium dans leur protoplasme, même s'ils végètent dans un milieu qui n'en renferme que des traces. Parvenus dans les racines avec lesquelles ils contractent la symbiose, ils cèdent le potassium à la plante, soit que cet élément diffuse à travers leur membrane, dont la surface de contact avec le protoplasme de l'hôte se trouve prodigieusement accrue du fait de la ramification à l'extrême des arbuscules, soit que la cellule l'absorbe en digérant les arbuscules. Ainsi s'expliquerait le fait que les Pommes de terre soumises à la symbiose puissent prospérer dans un sol carencé en potassium.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les phénomènes de développement des tubercules de Carotte*. Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les expérimentateurs qui ont cherché dans le tubercule de Carotte un matériel particulièrement favorable pour les cultures de tissus végétaux et les divers ordres de recherches qui y sont liés, ont utilisé, d'une manière assez uniforme, un même type de raisonnement expérimental. Le cytologiste par exemple découpe côte à côte dans un tubercule deux fragments apparemment identiques. L'un est fixé en vue de l'étude des types cellulaires qui le constituent; l'autre est mis en culture et, après un temps suffisant, permet la recherche des modifications qui se sont produites au cours de la culture. Le premier fragment est *le témoin* du second.

Un tel raisonnement appelle une critique. Certes le fragment en question constitue un *premier témoin*, puisqu'il garde l'image de ce qu'étaient les tissus au début de la culture; mais il ne saurait être le seul témoin avec qui la comparaison doive être faite. Il faut comparer les tissus à ce qu'ils seraient devenus s'ils étaient demeurés en place dans l'organe auquel ils appartenaient, suivant les diverses conditions qui peuvent être faites à cet organe laissé intact. Ainsi se trouvera rencontrée une *seconde série de témoins* nécessaires, dont l'omission revient à considérer implicitement le tubercule comme totalement inerte à partir du moment où l'on procède à la mise en culture des explants. Or précisément il se produit, ou peut se produire, aux conditions naturelles ou expérimentales, d'importants phénomènes de croissance. L'examen de ceux-ci précise la signification réelle des développements d'organes ou de tissus qui, rencontrés dans les cultures d'explants, sont *apparemment causés* par la culture.

1. *Racines*. — Au comportement bien connu de la partie aérienne dans sa seconde année, correspond généralement une deuxième formation de radicelles. Le contact physiologique du tubercule avec le sol est rompu à la fin de la première année; des radicelles nouvelles se développent au printemps de la

deuxième année, à partir des plages rhizogènes. Elles peuvent apparaître dès la première année et former une touffe plus ou moins dense sur chaque plage rhizogène, par exemple quand la racine principale est coupée ou fortement endommagée à la pointe du tubercule par le *Blaniulus guttulatus* Bosc. ou par une section expérimentale. Ce développement de racines n'est évitable que par l'ablation de tous les bourgeons axillaires; il suffit qu'on en omette un seul pour que la seconde poussée de radicelles se développe dans le milieu où les tubercules sont conservés, si sec soit-il.

Quels que soient les phénomènes hormonaux en jeu, la formation de radicelles constitue donc l'évolution normale de certains tissus du tubercule. L'apparition d'une racine sur un explant en culture a donc une valeur toute différente suivant la position qu'avait ce fragment dans le tubercule; on ne devra pas appliquer le même terme *action rhizogène* à l'induction du développement normal pour un explant pris sur l'une des lignes de radicelles et à la néoformation vraie qui peut être obtenue [1] d'un explant excluant les zones prédéterminées à la formation de racines.

2. *Croissance du tubercule*. — Avant le développement des inflorescences, le tubercule, qui a repris le contact physiologique avec le sol, présente souvent une deuxième période de croissance par fonctionnement de l'assise génératrice libéroligneuse. Cette croissance peut se réaliser à la même époque sur un tubercule arraché; elle n'exige même pas, comme celle des radicelles, la présence d'un bourgeon; elle est localisée à la *région apicale*, qu'elle élargit parfois considérablement, passant par exemple de 3 à 20^{mm}, et est consécutive à des *migrations d'eau et de substances* provenant du reste du tubercule.

Une telle croissance peut être rencontrée, avec même polarité, dans les cultures d'explants.

3. *Proliférations de tissus et de cellules*. — Ce sont les réactions aux sections inévitables dans l'isolement des tubercules comme dans le prélèvement des explants.

A. Les proliférations de tissus conduisent à la formation d'assises secondaires libéroligneuses qui fournissent un cal pouvant recouvrir tout ou partie des sections. Un tel cal peut déborder largement les surfaces sur lesquelles il a pris naissance : à l'extrémité effilée d'une Carotte de Chantenay, le cal formé sur une section de 3^{mm} de large a donné une prolifération grossièrement hémisphérique de 30^{mm} de diamètre et pesant plus de 5^{g}. Des proliférations globuleuses apparaissent sur l'emplacement des radicelles. On peut même constater la formation de petits cals sur la surface de section du collet, manifestant une polarité toute différente des phénomènes de croissance et de prolifération habituels.

---

[1] R. Buvat, *Thèse de Paris*, 1944 (sous presse).

B. Il arrive enfin que, sans qu'un cal de tissus secondaires s'organise, une surface de section se recouvre d'une sorte de feutre fait de files cellulaires ramifiées, en tout semblables aux *pseudo-thalles* décrits par R.-J. Gautheret (²) et formant en se flétrissant des écailles brunes superficielles.

Croissance et prolifération peuvent se combiner d'une façon extrêmement variable et fournir des apparences très diverses. Leur étude montre que les principaux faits qui ont été révélés et analysés grâce aux cultures d'explants sont la reproduction et parfois l'amplification de phénomènes normaux, et que les conditions de culture *in vitro* en *facilitent la réalisation, sans en être la cause.*

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Analyse des sécrétions de Pin et d'Épicéa.* Note de M. **René Lombard**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les Pins de toute espèce, lorsqu'ils sont blessés, laissent exsuder une oléo-résine dénommée térébenthine ou gemme. La composition de cet exsudat, lorsqu'il parvient aux centres de récolte, est en moyenne la suivante : essence de térébenthine 20 % ; acides résiniques 70 % ; eau et impuretés 10 %.

La plus grande partie des acides résiniques (70 % environ) se trouve, dans la gemme, à l'état cristallisé; une partie plus faible (30 % environ) est à l'état de solution dans l'essence. Par essorage de la gemme, on obtient un gâteau, le galipot, qui contient un mélange d'acides résiniques à peu près exempt d'essence. Ce galipot contient les acides résiniques tels qu'ils sont issus de la plante; ce sont les *acides primaires*; ces derniers sont très sensibles à l'action de la chaleur, des acides minéraux, de l'oxygène, de la lumière; un galipot, provenant d'une gemme récoltée en prenant les précautions nécessaires pour éviter l'action des agents qui viennent d'être énumérés, est constitué à peu près exclusivement par un mélange d'acides de formule $C^{20}H^{30}O^2$. Fait important, j'ai constaté que ce galipot peut être recristallisé dans l'alcool sans que sa composition soit sensiblement modifiée; les résultats obtenus avec un produit plusieurs fois recristallisé sont donc les mêmes qu'avec le galipot lui-même.

Il résulte d'études antérieures (¹) que les acides résiniques primaires peuvent être classés en deux groupes :

1° le groupe des acides pimariques, comprenant deux représentants, l'acide lévopimarique, ($[\alpha]_j - 282°$) et l'acide dextropimarique ($[\alpha]_j + 60°$); à noter que ces corps ne sont pas des inverses optiques;

2° le groupe des acides sapiniques; jusqu'ici aucun acide sapinique n'avait pu être isolé à l'état de pureté; j'ai pu combler cette lacune et obtenir, pour la première fois, un acide sapinique bien défini, que j'ai dénommé *acide dextro-sapinique* ($[\alpha]_j + 43°$) et, de plus, montrer que ce corps est vraisemblablement

(²) *Actualités Scient. et Ind.*, Paris, 1937, p. 44.

(¹) Dupont, *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 35, 1924, p. 1221.

le constituant *exclusif* de la la partie dite *sapinique*, lorsqu'elle est parfaitement exempte d'acides pimariques.

Les acides pimariques donnent, en solution aqueuse, des sels de sodium parfaitement cristallisés en paillettes nacrées, répondant à la formule $C^{20}H^{29}O^{2}Na$; les acides sapiniques donnent, dans les mêmes conditions, des sels de sodium beaucoup plus solubles, amorphes et mal définis. L'acide dextropimarique est caractérisé par sa stabilité vis-à-vis des acides et de divers autres agents; l'acide lévopimarique et les acides sapiniques sont, par contre, beaucoup moins stables; en particulier *ils se transforment intégralement en acide abiétique* sous l'action des acides, en particulier de l'acide chlorhydrique; à cet acide abiétique, de formule $C^{20}H^{30}O^{2}([\alpha]_j - 100°)$, j'ai consacré de nombreux travaux notamment ma *Thèse* (Paris, 1943).

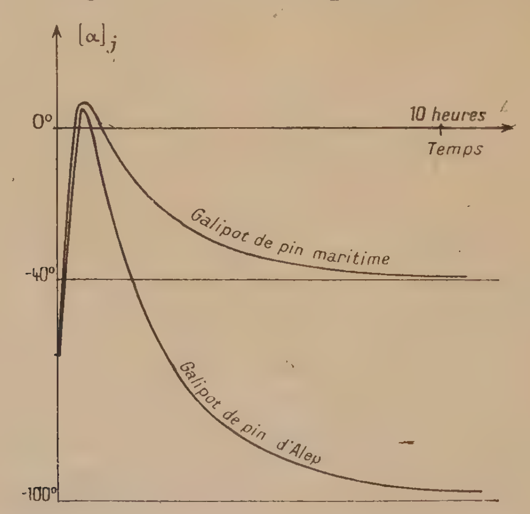
La méthode d'étude des galipots que je propose comporte la détermination des données suivantes :

a. courbe représentant la variation du pouvoir rotatoire du produit en fonction du temps, au cours de son isomérisation chlorhydrique;

b. détermination de sa teneur en acide lévopimarique;

c. détermination de sa teneur en acide dextropimarique.

a. L'isomérisation chlorhydrique est effectuée dans le tube polarimétrique lui-même, dans une solution alcoolique normale d'acide chlorhydrique; la marche du phénomène est représentée par une courbe *en cloche* comme l'avait déjà remarqué Dupont; la figure ci-dessous représente les courbes relatives aux



galipots de Pin d'Alep et de pin maritime. Le pouvoir rotatoire initial, au sommet de la courbe et à la fin de la réaction, est soigneusement noté.

b. L'acide lévopimarique est, de tous les acides résiniques, le seul qui entre en combinaison avec l'anhydride maléique à la température ordinaire, comme l'avait suggéré Ruzicka (*Helv.*, 20, 1937, p. 1546); j'ai contrôlé ce fait et l'ai mis à profit pour doser l'acide lévopimarique dans les galipots, en opérant à 15°

dans le toluène, suivant les techniques aujourd'hui classiques de la diénométrie.

c. Les acides sapiniques, s'ils ne se combinent pas à l'anhydride maléique, à la température ordinaire, le font par contre à 180°, en donnant le même produit que l'acide lévopimarique à froid; l'acide dextropimarique ne se combine pas, même à 210°. Dans ces conditions, la détermination de l'indice de diène à 180°, en tube scellé, m'a permis de doser en bloc l'ensemble des acides sapiniques et de l'acide lévopimarique, d'où, par différences et en tenant compte du résultat *b*, l'acide dextropimarique et les acides sapiniques. La détermination de l'acide dextropimarique est contrôlée par une méthode polarimétrique voisine de celle de Sandermann (*Ber. d. chem. Ges.*, 75, 1942, p. 174) qui repose sur le fait que ce constituant est le seul qui ne s'isomérise pas en acide abiétique; la loi de Biot, appliquée au galipot complètement isomérisé, permet de déduire sa teneur en acide dextropimarique; les deux méthodes donnent des résultats concordants. Voici les résultats relatifs à l'étude de quelques sécrétions résineuses.

Acide...	lévopimarique.	dextropimarique.	sapinique.
Galipot de Pin d'Alep..........	24 %	0 %	76 %
» » maritime........	35	30	35
Résine d'Épicéa...............	42	20	38

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'oxydation du cytochrome par les Champignons Basidiomycètes*. Note de M. **Henri Belval** et de M^lle^ **Gilberte Legrand**, présentée par M. Maurice Javillier.

On admet, à la suite de Keilin ([1]), que la cytochrome-oxydase oxyde *directement* le cytochrome, et lui seul. On en conclut que tout extrait d'organe, animal ou végétal, qui se montre capable d'oxyder le cytochrome, celui-ci fût-il ajouté au milieu, contient de ce chef la cytochrome-oxydase. C'est pour cette raison que Shibata ([2]), en 1935, signalait, sous le nom d'*indophénol-oxydase*, la présence de cet enzyme dans quelques Basidiomycètes (*Lactarius vellereus* et *Lactarius piperatus*) dépourvus de cytochrome, comme tous les Champignons supérieurs.

Ce qui ne laisse pas de surprendre toutefois, c'est que dans ces végétaux l'oxydase en question, d'une solubilité remarquable, diffuse avec une très grande facilité : à quelque Lactaire ou Russule que l'on s'adresse en effet (et nous avons expérimenté sur une trentaine d'espèces), il suffit de laisser macérer, pendant une heure environ dans leur poids d'eau distillée, des tranches minces du chapeau ou du pied pour obtenir des préparations actives, faisant rapidement disparaître la raie $550^{m\mu}$ caractéristique du spectre du cytochrome réduit. Rien de tel ne se produit avec les tissus animaux, où la cytochrome-oxydase authentique est si étroitement liée à la structure cellulaire qu'on est obligé d'opérer avec des purées d'organes.

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, **106**, 1930, p. 418.

([2]) *Erg. Enzymforsch.*, A, 1935, p. 357.

D'autre part ces diffusions, abandonnées en présence de toluène, perdent toute propriété oxydante sur le cytochrome après un temps plus ou moins long, variable avec l'espèce examinée, la nature de l'extrait (jus de presse, diffusion aqueuse, macération glycérinée), la concentration en enzyme; mais, et c'est là un fait sur lequel on ne saurait trop insister, on peut restituer à ces préparations, devenues inactives, le pouvoir d'oxyder à nouveau le cytochrome, par addition au milieu de pyrocatéchol en proportion convenable. Cette addition est d'ailleurs une opération délicate : si la concentration en phénol est trop forte, le pyrocatéchol en excès se transforme en quinone aux dépens de l'oxycytochrome à mesure qu'il se forme, en sorte qu'on n'observe jamais la disparition de la raie $550^{m\mu}$; si la concentration est trop faible, le spectre du cytochrome réduit ne disparaît que lentement et incomplètement; il faut donc déterminer, pour chaque extrait, la teneur optima en pyrocatéchol.

Ajoutons enfin que certaines espèces, qui normalement sont sans action sur le cytochrome, acquièrent, elles aussi, la propriété de l'oxyder par simple addition de pyrocatéchol. C'est le cas notamment de *Amanita muscaria*.

Il paraît difficile dès lors de parler de véritable cytochrome-oxydase, à propos d'un enzyme aussi soluble, qui, au surplus, soit dans les préparations vieillies, soit dans les préparations normalement inactives, ne concourt à l'oxydation du cytochrome que d'une *façon indirecte* par l'intermédiaire d'un phénol. La réalité, c'est que dans tous ces cas, sous l'action de la phénolase (Lactaires et Russules) ou même, à son défaut, de la tyrosinase (*Amanita muscaria*), le pyrocatéchol donne naissance à une quinone qui, à son tour, oxyde le cytochrome. C'est le contraire de ce qu'avait observé Keilin [3] dans un milieu renfermant cytochrome et cytochrome-oxydase, où l'oxycytochrome directement produit transforme le pyrocatéchol en quinone.

Tout porte à croire que, dans les extraits frais de ces Champignons, il existe, à côté des phénolases, une substance possédant la fonction phénol et jouant *in vivo* le rôle du pyrocatéchol dans les essais *in vitro*; ce serait ce système *phénol-phénolase* qu'on aurait pris pour la cytochrome-oxydase. La chose est d'autant plus probable qu'on décèle sans peine, dans les Basidiomycètes, la présence de l'intermédiaire d'oxydation : en effet, en traitant par l'alcool des extraits actifs sur le cytochrome, on peut séparer un précipité, riche en phénolase et pauvre en adjuvant; d'une liqueur appauvrie en phénolase, mais contenant la presque totalité de l'adjuvant, on peut tout aussi bien régénérer les extraits vieillis en employant, au lieu de pyrocatéchol, une macération de tissus préalablement portée à l'ébullition.

Quant à la nature de cet intermédiaire, nul doute qu'il ne s'agisse d'une substance à grosse molécule, car elle dialyse difficilement. Elle libère l'iode de KI en milieu acide dans la réaction de Wolff, ce qui est une sérieuse présomption en faveur de sa structure quinonique, forme sous laquelle elle

(3) *Proc. Roy. Soc.*, 125, 1938, p. 171.

existe dans les macérations aqueuses, d'où sont exclues les déshydrogénases fortement adhérentes aux tissus. On ne saurait toutefois se montrer plus précis tant que le corps n'a pas été isolé à l'état de pureté.

C'est là en somme un système oxydant analogue à celui que Szent-Györgyi signalait dans la Pomme de terre, où ce serait le pyrocatéchol lui-même qui servirait d'adjuvant; il n'est pas impossible que, dans les Champignons supérieurs, ce système phénol-phénolase joue un rôle de première importance dans les échanges respiratoires.

TÉRATOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action tératologique élective du rouge neutre sur la mouche Drosophile en vie aseptique.* Note de M. **J.-André Thomas** et M^me **Simone-S. Chevais**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons produit électivement, par l'action du rouge neutre, une malformation d'origine somatique chez la mouche Drosophile en vie aseptique.

On sait que le rouge neutre est le type des colorants vitaux basiques. Il est de très faible toxicité quand il est employé en coloration vitale, de manière convenable; mais il n'est pas inoffensif pour les cellules, lorsque celles-ci continuent à l'accumuler. Des Champignons cultivés dans un milieu renfermant du rouge neutre, par exemple, ne peuvent croître qu'après avoir rejeté à l'extérieur le colorant qu'ils ont absorbé (Guilliermond et Gautheret, 1937) (1). Des chenilles de Ver à soie, qui reçoivent régulièrement du rouge neutre dans leur alimentation, mais seulement depuis le quatrième âge de leur vie larvaire, donnent des Papillons; ceux-ci, bien qu'ils aient certains organes chargés de colorant, sont aptes à la reproduction. Il n'est pas signalé d'anomalies chez ces Papillons (L. Lesperon 1937) (2).

Conditions expérimentales. — Divers essais préliminaires nous ont montré que, dans des conditions de vie non complètement favorables aux témoins, le rouge neutre à la concentration de 10^{-3} et 10^{-4} empêche la pupaison : les larves, de taille très réduite, immobiles le 6e jour, peuvent survivre jusqu'au 17e jour. Nous avons adopté, en définitive, la technique suivante : les œufs de *Drosophila melanogaster* Meig, souche sauvage, sont aseptisés à l'alcool, puis ensemencés en tubes de $10 \times 2^{cm},5$ bouchés au coton, sur 5^{cm^3} de milieu gélosé stérilisé à l'autoclave (autolysat de levure 5 %, levure sèche 5 %, gélose 3 %, eau distillée, additionnée ou non de rouge neutre *R. A. L.* ou *Grübler*, q. s. 100^{cm^3}). Le développement a lieu à 22°, à l'obscurité. Dans ces conditions, les témoins sans rouge neutre sont normaux, leur pupaison se produit le 4e jour, leur éclosion le 8e jour.

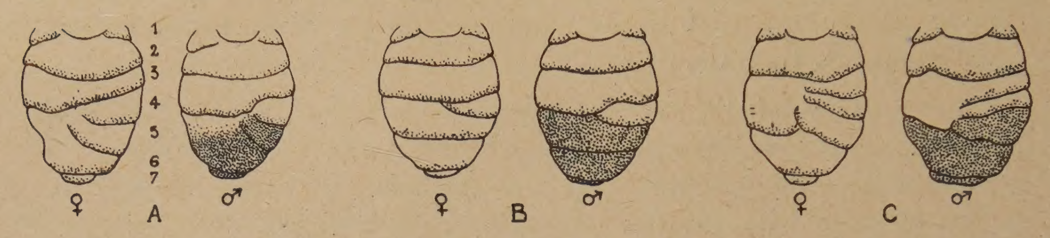
Sur milieu au rouge neutre, à la concentration de 10^{-3}, la pupaison s'effectue le 8e jour (quelquefois seulement le dixième) : la durée de la vie des larves a donc doublé; l'éclosion survient du 12e au 14e jour. Nous avons cultivé, en 6 séries d'expériences au rouge neutre, 1625 larves. Celles-ci ont fourni 978 pupes (60 %), légèrement plus petites que leurs témoins. De ces pupes sont écloses 647 mouches (66 % des pupes). Parmi ces mouches, 375 étaient

(1) Voir notamment A. Guilliermond, *Bull. Histo. appliq.*, 17, 1940, pp. 223-237.

(2) *Arch. Zool. expér.*, 79, 1937, pp. 1-156; *Thèse Fac. Sc. Paris*, 1937.

normales (58 %), tandis que 272 portaient le même type de malformation [42 %, dont 183 femelles (67 %) et 89 mâles (33 %)].

Cette anomalie affecte uniquement la segmentation de l'abdomen, principalement chez les femelles; le reste du corps est normal. Les segments moyens de l'abdomen, normaux ou parfois réduits du côté droit, disparaissent à partir de la région médiane. Cette absence de segmentation, dans la moitié gauche de l'abdomen, se présente selon trois modalités : les segments 4, 5 et 6 (*fig.* A), ou 4 (*fig.* B), ou plus rarement 3, 4 et 5 (*fig.* C) sont incomplets. Nous avons vérifié expérimentalement que cette monstruosité n'est pas héréditaire.



Anomalie produite électivement par le rouge chez la Mouche Drosophile en vie aseptique; les segments 4, 5 et 6 (A) ou 4 (B), ou 3, 4 et 5 (C) disparaissent dans la moitié gauche de l'abdomen.

Chez les larves traitées par le rouge neutre, on observe que le tube digestif est rempli de parcelles du milieu de culture colorées en rouge plus ou moins intense; le colorant est accumulé, initialement et dans une certaine mesure, dans de fines vacuoles cytoplasmiques des cellules des glandes salivaires (particulièrement dans les deux cellules initiales qui bordent le canal excréteur) et surtout dans les tubes de *Malpighi*, où il vire à l'orangé et au jaune (alcalinité), puis est réduit en partie.

Des essais poursuivis selon le protocole indiqué, avec le trypano bleu (10^{-4}), type des colorants vitaux acides, n'ont pas causé d'anomalies.

Conclusion. — Le rouge neutre, incorporé à la concentration de 10^{-3} dans le milieu de culture de la mouche Drosophile, en vie aseptique, provoque de façon élective, chez les mouches écloses, surtout chez les femelles, une malformation d'origine somatique; celle-ci consiste dans la non-segmentation de la région moyenne de la moitié gauche de l'abdomen; en outre, la durée de la vie des larves est au moins deux fois plus longue que celle des témoins. Le rouge neutre, colorant vital de formule chimique définie, a exclusivement la même action tératologique définie dans 42 % des cas.

La séance est levée à 16^{h}15^{m}.

L. B.